

Interactive image-guided surgical system.

Patent Number: EP0427358, B1

Publication date: 1991-05-15

Inventor(s): MACIUNAS ROBERT J (US); ZINK MARTIN R (US); ALLEN GEORGE S (US); EDWARDS II CHARLES A (US); GALLOWAY ROBERT L JR (US)

Applicant(s): MACIUNAS ROBERT J (US); ZINK MARTIN R (US); ALLEN GEORGE S (US); EDWARDS II CHARLES A (US); GALLOWAY ROBERT L JR (US)

Requested Patent: JP3168139

Application Number: EP19900250267 19901019

Priority Number (s): US19890433347 19891108

IPC Classification: A61B6/00; A61B19/00

EC Classification: A61B6/12, A61B19/00N, A61B19/00M

Equivalents: AU2745192, AU632633, AU6590790, AU664863, BR9005637, CA2029401, DE69026196D, DE69026196T, ES2085885T

Cited patent(s): WO8809151; GB212371

Abstract

An interactive system for guiding the use of a surgical tool uses at least one imaging technique, such as CT scanning. A mechanical arm has a fixed base at a first end and a tool holder that holds the surgical tool at a second end. A display displays one or more images from the image space of a patient's anatomy. A computer is coupled to the display and the mechanical arm. The computer tracks the location of the surgical tool through physical space, performs a transforming rotation of the physical space to the image space, and causes the display to display the location of the surgical tool within the image space.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑫ 公開特許公報 (A) 平3-168139

⑬ Int. Cl. 5

A 61 B 19/00
17/36
19/00

識別記号

3 5 0

庁内整理番号

C
Z7437-4C
7916-4C
7437-4C

⑭ 公開 平成3年(1991)7月19日

審査請求 未請求 請求項の数 26 (全17頁)

⑮ 発明の名称 対話的イメージガイドの手術システム

⑯ 特 願 平2-303753

⑰ 出 願 平2(1990)11月8日

優先権主張 ⑯ 1989年11月8日 ⑰ 米国(US)⑯ 433,347

⑱ 発明者 ジョージ・エス・アレン アメリカ合衆国、テネシー州 37205、ナッシュビル、ウエストビュー・アベニュー 628

⑲ 出願人 ジョージ・エス・アレン アメリカ合衆国、テネシー州 37205、ナッシュビル、ウエストビュー・アベニュー 628

⑳ 出願人 ロバート・エル・ギャロウェイ・ジュニア アメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナッシュビル、インディアン・スプリングス・ドライブ7736

㉑ 出願人 ロバート・ジェイ・マシウス アメリカ合衆国、テネシー州 37215、ナッシュビル、チカリング・ウッズ・レーン 6320

㉒ 代理人 弁理士 鈴江 武彦 外3名
最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

対話的イメージガイドの手術システム

2. 特許請求の範囲

(1) 第1の端部に固定された基板と、第2の端部で手術用具を保持する用具ホルダとを有する機械アームと、

患者の解剖体のイメージ区域からの少なくとも1つのイメージをディスプレイするディスプレイと、

ディスプレイおよび機械アームに結合されており、物理的区域での手術用具の位置を追跡し、物理的区域の回転をイメージ区域の回転へ変換し、そして前記ディスプレイにイメージ区域内の手術用具の位置をディスプレイさせるコンピュータとを具備する、少なくとも1つのイメージ技術を使用して手術用具の使用をガイドする対話的システム。

(2) 前記機械アームがジョイントと、前記基板に対する前記ジョイントの動きを電気的にコ

ド化するための手段とを有し、コード化するための前記手段は前記コンピュータに結合されて前記ジョイントの電気的にコード化された動きを前記コンピュータに提供する請求項1記載のシステム。

(3) 前記ジョイントの動きを電気的にコード化するための手段が光エンコーダである請求項2記載のシステム。

(4) 前記機械アームの各自由度に対して1つずつの光エンコーダが提供される請求項3記載のシステム。

(5) 前記機械アームが消毒可能である請求項1記載のシステム。

(6) イメージ区域からの前記イメージがラスターイメージである請求項1記載のシステム。

(7) イメージ区域の複数のイメージが、異なったイメージ技術によって提供されるイメージと共に前記ディスプレイによってディスプレイされる請求項1記載のシステム。

(8) 前記複数のイメージの内の1つがイメージ区域のグラフィック表示である請求項7記載の

システム。

(9) 表面に固定可能である基板と、前記基板に結合された第1の対のジョイントと、第1の端部で第1の対のジョイントに結合され、前記第1の対のジョイントによって提供される2つの自由度を有する第1のアームリンクと、

前記第1のアームリンクの第2の端部に結合された第2の対のジョイントと、

第1の端部で第2の対のジョイントに結合され、前記第1および第2の対のジョイントによって提供される4つの自由度を有する第2のアームリンクと、

前記第2のアームリンクの第2の端部に結合された第3の対のジョイントと、

前記第3の対のジョイントに結合され、前記第1、第2、第3の対のジョイントによって提供される6つの自由度を有する用具ホルダと、

他のジョイントに相対的なあるジョイントの動きを電気的にコード化し、そしてジョイントの動きの量および方向を示す信号を生成する、各ジョ

- 3 -

である請求項13記載のアーム。

(16) 前記ジンバルジョイントと前記第1および第2のアームリンクとがステンレススチールから作成される請求項10記載のアーム。

(17) 前記アームが消毒可能である請求項9記載のアーム。

(18) 前記用具ホルダが異なったタイプの手術用具を保持するように適合された請求項9記載のアーム。

(19) イメージ技術を使用して患者の解剖体の部分を走査することと、

走査のステップの結果を使用して患者の解剖体内に内部基準点を位置付けることと、

操作可能な関節接合されたアーム上の手術用具の端部チップを前記内部基準点との既知の関係に位置付けることおよびコンピュータにおける初期設定をノートすることによって、前記端部チップを初期設定することと、

区域での手術用具の端部チップの動きをコンピュータで追跡することと、

- 5 -

ントに結合された個々のエンコーダとを具備する、人間の操作者によって操作可能であり、そのアームの動きがアームに結合されたコンピュータによって追跡できる機械アーム。

(10) 前記ジョイントがジンバルジョイントである請求項9記載のアーム。

(11) エンコーダが光エンコーダである請求項9記載のアーム。

(12) 光エンコーダがジンバルジョイント内に取り付けられる請求項11記載のアーム。

(13) 各光エンコーダが光エンコーダを駆動する歯車を有し、各ジンバルジョイントが、ジンバルジョイントに結合され且つ光エンコーダの歯車を駆動する歯車を有し、ジンバルジョイントの歯車および光エンコーダの歯車がバックラッシュを防止するための角度で係合する請求項12記載のアーム。

(14) 前記角度が6°である請求項13記載のアーム。

(15) 前記歯車が4分の1ピッチのスパー歯車

- 4 -

走査された部分に対する手術用具の端部チップの位置を実時間でディスプレイすることを含む手術手順の実行方法。

(20) 内部基準点として動くように患者の解剖体内に基準挿入管を挿入することをさらに含む請求項19記載の方法。

(21) 追跡ステップが、アーム内のジョイントの動きをコード化することと、そのコード化された動きをコンピュータに送ることとを含む請求項20記載の方法。

(22) 基準挿入管に基いた内部座標系を創設することを含む請求項21記載の方法。

(23) 前記アームの固定された基板に関連する外部座標系を創設することをさらに含み、前記基板の区域内の位置は前記端部チップの初期設定の際に記憶される請求項22記載の方法。

(24) 複数のイメージ技術を使用して患者の解剖体の部分を走査することをさらに含む請求項23記載の方法。

(25) 複数の各イメージ技術からのイメージを

- 6 -

同時にディスプレイすることをさらに含む請求項24記載の方法。

(26) 異なったタイプの手術用具によって前記アーム上の手術用具を置換することをさらに含む請求項25記載の方法。

3. 発明の詳細な説明

【発明の目的】

(産業上の利用分野)

本発明は手術の手順で外科医を対話的にガイドするためのシステムに関する。さらに特に、外科医を手術の手順でガイドするために患者の身体の解剖体に関係するイメージ導出されたデータを直観的に使用できるようにしたハードウェアおよびソフトウェアの統合システムに関する。

(従来の技術)

医者が人間の身体の高忠実度の画像を得ることができ、十分に公知である診断上のイメージ技術がいくつか存在する。健康な組織を冒す手順なしに解剖体の断面の（断層写真的な）画像を提供するイメージシステムは、コンピュータ断層写真

- 7 -

構造に関連して手術用具を配置することによって、そしてこの取り付けられた構造に相關する対象となる内部の解剖学的領域の位置を知ることによって、対象となる解剖学的領域に関連する手術用具の位置がわかるであろう。

これらの構造に関する問題は、それらのサイズおよび睡眠のような通常の日常動作へのそれらの干渉、という点である。その構造は長時間（例えば12時間以上）にわたって使用されないので、かなりの時間間隔にわたって採られたイメージ或いは解剖体の特定の箇所の位置の比較は実用的でない。

(発明が解決しようとする課題)

それ故に、手術用具の操作の際に外科医をイメージシステムで特定化された正確な位置にガイドするであろう対話的システムが必要である。

【発明の構成】

(課題を解決するための手段)

このおよび他の要求は、対話的イメージガイドの手術システムのために構造を提供する本発明に

- 9 -

(CT) X線イメージャ (Imager) と磁気共鳴 (MR) イメージャとを含んでいる。

走査技術に関する問題は、各イメージ処理がイメージ装置内の患者の位置に敏感であることがある。それ故に各イメージのセットは別々の独特的の配置を有する。したがって、異なった時刻に同じ様相から形成されたイメージおよび基本的に同じ時刻にであるが異なったイメージ様式（例えばCTおよびMR）から形成されたイメージは一点一点ベースで比較されることはできない。これはイメージ内の区域の正確な比較を妨げる。

外科医はまたイメージ区域に対する場所の差を処理する。例えば、神経外科医は自分の手術用具の位置をある解剖学的標識点に留意することで知ることができるとても、彼はイメージ上に認識できる病変に留意することでは必要な正確さで用具の位置を知ることができない。頭部のような身体の部分に外科的に取り付けられた比較的大きな留め金状構造を臨時に取り付けることによって、この問題を解決するための試みが為された。この

- 8 -

よって満足される。本発明によるシステムは、患者の解剖体内に内部座標系を形成する。内部座標系は外部座標系に関連して、例えば内部座標系内の既知の基準点のところに手術用具の端部チップを配置することによって、配置される。内部座標系の位置が外部座標系に関連して知られると、手術用具は外部か或いは内部かの座標系内のどこへでも動かすことができ、そしてその位置は非常に正確に知られるであろう。

本発明はまた、手術用具がイメージガイドシステム内で使用するためにそこに取り付けられるアームにも関する。アームは位置エンコーダを保持するので、アームが動くときに、アームに取り付けられた手術用具の位置は内部座標系に関連して常に知られるであろう。

(実施例)

本発明は、人間の解剖体内に固定された3次元内部座標系を形成する。内部座標系は、本発明を使用して解剖体の部分に3つ或いはそれ以上の基準標入子を添付することにより解剖体内に創設さ

- 10 -

れる。基準挿入管は数ヶ月のような比較的長期間にわたって互いの区域的関係を変化させない箇所に添付される。

第1a図および第1b図には解剖体内の基準挿入管の配置の例が示されている。これらの図面では、基準挿入管10a, 10b, 10cが頭骨18の3つの分離し間隔をおいて配置された位置に挿入される。

これら3つの基準挿入管10a乃至10cは非同一線上になる方法で配置されるので、これらの基準挿入管10a乃至10cを含む平面が形成される。平面が形成されると3次元座標系が形成される。身体内のいかなる箇所も内部座標系の中ににあるであろう。

基準挿入管が示されているが、対象となる範囲に関連して添付されたいかなる3点でも内部座標系を形成するために使用される3点を構成することができる。しかし、CTイメージやおよびMRIイメージのような異なったイメージシステムによって確認および計測され得る基準挿入管

- 11 -

患者が異なった位置に置かれる理由が何であれ、解剖体内の固定され、完全に形成された内部座標系を利用することによって、第1のイメージセッション内の3つの基準挿入管10a乃至10cによって形成された平面の位置および方向は、第2のイメージセッションの間に3つの基準挿入管によって形成された同じ平面の位置および方向と比較されることができる。デカルト座標系は3つの独立した回転によって整列される。1つのデカルト座標系を別のデカルト座標系に移行することは公知の技術であり、現代のコンピュータによって容易に実行できる。解剖体に対する内部座標系を形成しそして1つのデカルト座標系から別のデカルト座標系への回転による変換を実行する手配の例は、1987年11月10日に出願された米国特許第119,853号明細書 "Method and Apparatus for Imaging the Anatomy (解剖体をイメージするための方法および装置)" に記載されており、そしてここで引例として明白に組み込まれている。

内部座標系が創設されると、外部座標系もまた

- 13 -

10a乃至10cが好ましい。基準挿入管10a乃至10cは比較的小さく目立たないので、たとえ患者が比較的長時間挿入管10a乃至10cを装着していたとしても、患者が不快感や挿入管を装着しているという自意識を感じることはないであろう。

公知のイメージ技術を使用する走査は、患者に3つの基準挿入管10a乃至10cが装着されると実行される。内部座標系はそのとき、これら3つの基準挿入管10a乃至10cに関連して形成される。数分後か数ヶ月後かいずれにせよ引き続く走査の間、患者の位置はイメージ装置に対して変わり得る。しかし本発明を使用すると、この新しい位置はイメージ装置に対して基準挿入管10a乃至10cを配置することによって、そしてそれらの位置と予め記録された位置とを比較することによって計測することができる。この比較技術は引き続く走査のイメージを予め記録された走査に対応する位置に再度位置付けることを可能にするので、等価のイメージのスライスが比較されることができる。

- 12 -

3つの非同一線上の基準挿入管10a乃至10cによって創設される。内部座標系および外部座標系の両者内の移動する点を見失わぬために、内部座標系内の点に関してその移動する点の位置を最初に創設し、続いて外部座標系内の点の動きに追従するためのシステムのみが必要とされる。例として外部座標系内の点がレーザの端部チップであると仮定する。内部座標系および外部座標系の両者内のその端部チップの位置の追跡を継続するためには、最初にレーザの端部チップが基準挿入管10a乃至10cの1つと既知の関係にする、例えば挿入管に接触する、そしてコンピュータがこの初期設定をノートする。そこで、レーザは内部および外部座標系内のどこへでも動かされるのでイメージシステムで使用されるコンピュータは端部チップの位置を追跡する。位置付けエンコーダは端部チップの位置を追跡し、そして座標系内の端部チップの動きに関連する信号をコンピュータに供給する。端部チップの元の位置がコンピュータに入力されているので、端部チップの元の（すなわち基

- 14 -

端部入管 10a 乃至 10c に対しての) 位置が知られており、そしてその動きが統統的に追跡されてコンピュータに供給されているので内部か或いは外部かの座標系内の端部チップの位置は常にわかるであろう。

第2図は本発明の実施例による動作環境の概略図が示されている。この図では、患者の頭骨 18 に挿入された基準挿入管 10a 乃至 10c がある。イメージ 102 はプログラマブルコンピュータ 104 と共に先に記載されたように動作する。操作者制御パネル 110 はプログラマブルコンピュータ 104 に結合され、同様に機械的の座標をディスプレイする機械的ディスプレイ 112 (放射線治療の応用において使用される) を具備するディスプレイ 108 もプログラマブルコンピュータ 104 に結合される。

外部アーム 84 は基板 88 に固定される。アーム 84 は、変えることができ、そして例えばレーザ、或いはポインタ、超音波装置、生検用プローブ、放射線ビームコリメータ等のようないくつかの手術用具のどれかであり得る用具 88 を支持する。第

- 15 -

2図には例示の目的のため1つのみしか示されていないが、アーム 84 はいくつかのジョイント 42 を有する。アーム 84 の動きはコンピュータ 104 によって追跡されるので、アーム 84 の基板 88 に対する用具 88 の位置は常に知られている。外部および内部座標系を通しての用具 88 の動き (外部座標系の基板 88 に対する) は、以下の方法を使用して正確に知られるであろう。

センサ 40 は用具 88 の端部チップ 89 に配置されることができる。センサ 40 は金属検知器或いは超音波検知器、或いは患者の中の基準挿入管 10a 乃至 10c の位置を感知することができるなんらかの機器であり得る。もし基準挿入管 10a 乃至 10c が頭骨 18 に配置されるならば、用具 88 の端部チップ 89 にあるセンサ 40 は頭骨 18 内の基準挿入管 10 に接触するまで外科医のガイドの下でアーム 84 によって動かされる。基準挿入管 10 による端部チップ 89 のこの接触はコンピュータによって認められるので、内部座標系に対する端部チップ 89 の最初の位置が知られる。さらに、外部座標系内の基板 88 に対する

- 16 -

スプレイ 108 内にはっきりと見えるであろうし、固定された内部座標系で追従することができる。

アーム 84 を追跡する手段は十分に公知であり、そしてアーム 84 の種々の位置内にあり、アーム 84 のジョイント 42 の回転か或いは移動かを検知するセンサ (第2図には図示されない) によって遂行される。

手術では、3つの基準挿入管 10a 乃至 10c によって形成される内部座標系が、例えばレーザを組織を通り抜けて腫瘍まで届くように追従させることができる。イメージを生成するために使用されるイメージシステム 102 は、コンピュータ 104 およびディスプレイ 108 に提供されて手術用具 88 として使用されるアーム 84 およびレーザを操作する外科医をガイドするイメージデータを統統して探るために、配置される。レーザは組織を通り抜けるから、組織内の変化はイメージシステムのディ

- 17 -

スプレイ 108 内にはっきりと見えるであろうし、固定された内部座標系で追従することができる。

第3図には、その動きが追跡することができ、そして種々の手術用具 88 を保持することができる機械アームが例示されている。アーム 84 の基板 88 はある位置に取り外せるよう固定される。アーム 84 は2つのアームリンク 40A, 40B を有する。第1のアームリンク 40A は2つのジンバルジョイント 42 によって基板に結合される。それ故に第1のアームリンク 40A は2つのジンバルジョイント 42 によって提供されるような2つの度合の動きを有する。

第2のアームリンク 40B は第2のジンバルジョイント 42 の対によって第1のアームリンク 40A に結合される。この第2のジンバルジョイント 42 の対は2つの付加的な度合の動きをする第2のアームリンク 40B を提供する。それ故にアーム 84 のベース 88 に対して、第2のアームリンク 40B は4つの度合の動きを有する。

用具ホルダ 44 は一対のジンバルジョイント 42 に

- 18 -

よって第2のアームリンク40Bに結合される。用具ホルダ44はポインタ、超音波装置、手術用レーザ、生検用プローブ、放射線ビームコリメータ等を含む異なったいくつかの用具の中のどれかを保持することができる。第3のジンバルジョイント42の対は2つの付加的な動きの度合を有する用具38を提供するので、基板36に対して用具38は6つの度合の動きを有する。

基板36に対する用具38の正確な位置付けは光エンコーダ46によって追跡されている。1つの光エンコーダ46が各ジンバルジョイント42に割り当たられる。個々のジンバルジョイント42がそのビボット軸を中心に回転するとき、光エンコーダ46はジンバルジョイント42のそのビボット軸を中心とする正確な回転量を測定する。各6つの光エンコーダ46からの情報はプログラマブルコンピュータ104に提供され、そこでそのビボット軸の周りのジンバルジョイント42の個々の回転を追跡することによって基板36に対する用具38の動きを正確に追跡することができる。

- 19 -

れる歯車50は光エンコーダ46を駆動する歯車52に約6°の角度で係合する。この角度で係合することは歯車のバックラッシュを防止するので、光エンコーダの正確な読み出しが確実にされる。

操作の間に、3つの個々のラスターイメージおよびグラフィックイメージがビデオディスプレイ108に同時にディスプレイされて、外科医に正確な空間的位置付けを確実にさせる。異なった各ラスターイメージは異なったタイプのイメージ技術によって供給されることができる。例えばビデオディスプレイスクリーン108上に同時に供給される3つの異なったラスターイメージは、C.T.、M.R.I等のような3つの異なったイメージ様式から得ることができる。その代わり单一のイメージ様式からの多くのスライスが、異なったイメージ様式からの同じスライスの代わりに同時にディスプレイされることがある。本発明の特徴は実時間で行われるイメージのディスプレイを提供するので、イメージスライスは外科医が手術中にアーム34を動かすのにつれて変化することである。

- 21 -

第3図の実施例に見られるように、光エンコーダ46はジンバルジョイント42内に配置することができるようなサイズである。これは非常にコンパクトなアーム構造とジンバルジョイント42の位置付けの正確なエンコードを可能にする。アーム構造全体34は設図されることができ、そして例えばステンレススチールから作成することができる。さらにアーム34を操作し易くおよび使用し易くするために、アーム34は従来の方法で平衡錠で釣り合わされている。

ジンバルジョイント42のピボット軸を中心とする回転或いは傾斜に関する情報を計測しおよびフィードバックする他の手段が使用されることがあるが、Heldenthal或いはITEKによって生産された市場で入手可能なもののような光エンコーダが適切である。上述したように、光エンコーダ46はジンバルジョイント42内に適合するようなサイズである。

第4図には、光エンコーダ46の取り付けの詳細が示されている。ジンバルジョイント42に結合さ

- 20 -

アーム34は基準挿入管10a乃至10cと共に使用される能够性が記載されてきたが、内部基準点が確認できる限りはアーム34はまた他の現存する定位法的位置測定(stereotactic localization)システムおよびフレームと共に使用されることもできる。先に述べたように、確認できる内部基準点は内部および外部座標系の中でアーム34を位置付けるために使用される。

第5図乃至第18図は本発明のシステムで使用されるソフトウェアの種々のフローチャートを示す。第1のソフトウェアのフローチャートは第5図に示されており、対話的イメージガイドの手術システムの主プログラムを記載する。主プログラムはスタート200から始まり、そしてグラフィックボードはステップ201で初期設定される。マウスはステップ202で初期設定され、システムの不履行はステップ203で設定される。患者の情報はステップ204でスクリーン上にディスプレイされ、患者の名前およびIDナンバーを含む患者に関する入力はステップ205で提供される。

- 22 -

決定ステップ 206 では患者がローカルデータベースに入っているかどうかを確定する。もし患者がローカルデータベースに入っているならば、患者の情報と利用可能なイメージとのセットがステップ 207 でディスプレイされる。その点で、その手順が動作前手順か動作中手順かが決定される（ステップ 208）。もしそれが動作中手順ならば、動作中ソフトウェアがステップ 209 で利用される。

もし患者がローカルデータベースに入っていないならば、決定ステップ 210 でこれが新しいセッションなのかどうかが確定される。もしそれが新しいセッションならば、患者の情報が収集されて（ステップ 211）そして動作前ソフトウェアがステップ 212 で利用される。もしそのセッションが古いセッションならば、保存記録情報が入力されて（ステップ 213）その保存記録情報がローカルデータベースにコピーされる。プログラムは、患者の情報と利用可能なイメージとのセットがディスプレイされるステップ 207 から進む。動作前ソフトウェア 212 および動作中ソフトウェア 209 か

- 23 -

ら、別の患者を処理するかどうかを決定する決定ステップ 214 が入力される。もしこのセッションが終了するならば、ステップ 215 が入力されてセッションが終了する。もし別の患者が処理されるならば、逆行ループがシステム不履行設定ステップ 203 に戻される。

ステップ 212 の動作前ソフトウェアは 6 つの主要機能を含む。対象となる手術の大きさを描写しているイメージスライスはシステムハードディスクに転送される。このことは、それらを記憶メディアから直接読み取るか或いはソフトウェアから転送するかを含む。別の機能はラスターイメージをディスプレイ 108 上にディスプレイすることである。第 3 の機能は、すべてのラスターイメージに対する個々の閾値およびコントラスト値を設定するための位置によってラスターデータを見直すことである。ラスターデータが適所にあると、ラスターデータのグラフィック表示が第 4 の機能によって生じる。この表示はワイアフレームの或いは陰影画の或いは両者であり得る。動作前ソフト

- 24 -

ウェアの第 5 の機能はラスター範囲のグラフィック表示の編集である。最終的に、医者は第 6 の機能でラスターイメージ上の対象となる標識範囲を選択することができる。そこでこれらの範囲はグラフィックイメージのセットに転送される。これらの 6 つの機能に関するフローチャートは第 6 図乃至第 11 図に示されている。

第 6 図は動作前ソフトウェア 212 の包括的なフローチャートを示す。動作前ソフトウェア 212 の第 1 のステップは動作前メニューをディスプレイすることである。I/O 源はステップ 215 内のマウス或いはキーを使用してその間で選択される。メニューからは、6 つの機能 216 乃至 221 の内の 1 つが選択され実行されるか或いは出口 222 が選択される。メニューの出口 222 から、決定ステップ 223 でグラフィックモデルが作られてしまっているかどうかが確定される。もし作られていたならば、ディスプレイ 108 上の患者の情報のスクリーンへのリターン 224 へ進む。もしグラフィックモデルが作られていないならば、次に確定ステッ

- 25 -

プ 225 で軸上の走査がディスク上にあるかどうかが確定される。もし軸上の走査がディスク上にあるならば、グラフィックモデルはステップ 227 で作られて患者の情報はスクリーンに戻される。

第 7 図には第 1 の機能、すなわちイメージのセットの付加のステップ 218 のためのフローチャートを示す。ステップ 228 ではイメージデータが転送される。確定ステップ 230 では、イメージが登録されているかどうかを確定する。もしイメージが登録されていないならば記憶テープは負荷され（ステップ 232）、もしそれらが登録されているならばステップ 234 で回路網転送が行われる。ステップ 232 か或いは 234 のいずれかから、イメージヘッダがステップ 236 で走査されてイメージのタイプ、その数、その位置等を確定する。ヘッダ情報はステップ 238 でディスプレイ 108 上にディスプレイされる。ステップ 239 では、I/O 源がマウス或いはキーの間で選択される。ステップ 240 では、新しいヘッダのために走査されたデータ抽出される。走査のセットはステップ 241 で抽

- 26 -

出され、これらの走査されたセットはステップ 242 で配列される。走査された対はステップ 243 でバイト幅に圧縮され、そしてステップ 244 でローカルデータベースに記憶される。ステップ 245 では、第 1 の機能 216 が 246 で出されるか或いはステップ 228 に戻されるかどちらのときに別のイメージのセットを操作するかを決定する。

第 8 図は動作前ソフトウェアの第 2 の機能であるディスプレイイメージのセットの機能 217 を示す。第 2 の機能の第 1 のステップはステップ 248 でイメージをディスプレイするためのメニューを提供することである。I/O 源はステップ 249 で選択される。イメージのセット全体はステップ 250 でそして入力 251 と共にディスプレイされることができ、イメージの数およびサイズはステップ 252 で決定される。256×256 のイメージを備えたディスプレイはステップ 253 でディスプレイされる。その代わりとして、ステップ 250 でイメージのセット全体をディスプレイする代わりに、イメージのセットはステップ 254 でウインドウ内

- 27 -

にディスプレイされることができる。ステップ 255 の入力に基いてイメージのサイズはステップ 256 で決定され、そのディスプレイはステップ 257 で必要とされるウインドウ内で 512×512 であり得る。第 2 の機能であるイメージのセットのディスプレイ 217 はステップ 258 で出される。

第 9 図には、第 3 の機能であるイメージディスプレイの調整機能のフローチャートが示されている。ステップ 260 は調整イメージメニューをディスプレイし、そしてステップ 261 は I/O 源を選択する。メニューから、グレースケール (gray scale) のレベル、幅、最小値、最大値がステップ 262 乃至 265 で調整されることができる。調整後ゲージはステップ 266 で更新され、そしてスクリーンはメニューへのリターンによってステップ 267 で更新される。またメニューから、ステップ 269 で不規行値を復元するために選択され得るリセットステップ 268 が存在する。最終的にメニューから、調整イメージディスプレイ機能 218 からの出口 270 が存在する。

- 28 -

第 10 図は第 4 および第 5 の機能であるグラフィックモデルの作成および結果のためのフローチャートを例示する。ステップ 280 ではイメージのセットが入力される。ステップ 281 ではイメージがイメージのセットが軸上にあるかどうかが確定される。もし軸上になければ、イメージのセットが軸上に来るまでループが存在する。イメージのセットが軸上にあるとき、変化度の差が使用されて対象となる解剖体、例えば患者の頭部、の境界を決定する。決定ステップ 283 ではイメージの終了に対して頭頂 (vertex) が受け入れられるかどうかを決定する。もし頭頂が受け入れられないならば、1 つの頭頂が選択されてそしてステップ 284 で調整される、さもなければこのステップ 284 が飛び越されてすべてのイメージがチェックされる決定ステップ 285 に向かう。イメージはそのとき N=N+1 にまで増加され、もしすべてのイメージがチェックされないならばフローループが決定ステップ 283 の入力に戻される。さもなければ、決定ステップ 285 で決定されるようにすべてのイ

- 29 -

メージがチェックされるとき、第 4 および第 5 の機能 219, 220 はステップ 286 で出される。

第 6 の機能である範囲 221 の作成は第 11 図のフローチャートに示されている。290 では、固体目標 (target solid) が開始される。ステップ 291 はソフトウェアへの入力としてウインドウの選択を含む。ステップ 292 で選択されたウインドウに結合する処理を行い、そしてステップ 293 ではマウス 293 によってラインが引かれる。ステップ 294 でラインは等価のスライスを有するすべてのウインドウでエンコードされる。入力マウスポタン状況がステップ 295 で確定される。もし左のボタンが選択されるならば、決定ステップ 298 に戻るループが存在する。もし中央のボタンが選択されるならば、処理ループが入力ステップ 292 に戻る。最終的にもし右のボタンが選択されるならば、アウトラインがステップ 297 で閉じられそしてステップ 298 で固体目標が包含される。ステップ 299 では、固体目標が終了し、そのときにその固体がステップ 300 でラベル付けされステップ 301 で

- 30 -

その処理が出されるのかどうかが決定される。

第6図乃至第11図記載の上記手順およびフローチャートは動作前ソフトウェア212を記載している。以下のフローチャートは動作中ソフトウェア209を記載する。動作中ソフトウェア209はいくつもの動作中タスク(*Intraoperative task*)および1つの真の進行中タスク(*Intraprocedural task*)を行う。動作中タスクには、患者のデータの確認とコンピュータおよび特定の手術進行のための手術装置の準備とが含まれる。ソフトウェアは開始後光エンコーダのリセットのためにチェックされる。これは、正確な角度の決定および正確な手術用具の端部箇所の位置を確実にする。輝度およびコントラストに対してセットされるシステムディスプレイは操作室内のイメージ知覚を最大にするように変化される。グラフィックディスプレイ位置は、外科医に対して最も直観的な位置へ回すことができる。用具の端部はまた、各自由度内の角度の誤差を決定するためにキャリブレーション装置上の一連の点に接触する。

- 31 -

動作中ソフトウェア209のためのフローチャートは第12図乃至第16図に例示されている。動作中ソフトウェア209の包括的なフローチャートは第12図に示されている。第1のステップは、ステップ310で動作中メニューをディスプレイすることである。I/O板はステップ311で選択される。動作中メニューの5つの異なる機能が選択することができる。第1の機能はスクリーンの準備312、第2の機能はアームの準備313、第3の機能はイメージディスプレイ調整機能314、第4の機能はグラフィックモデルの位置付け、第5の機能はアーム使用機能316である。動作中ソフトウェアはステップ317で出される。

第13図は、動作中ソフトウェアの第1の機能であるスクリーンの準備312を示す。第1のステップ320は、利用可能なイメージのセットおよびウインドウの割り当てをディスプレイすることである。ラスターおよびグラフィックウインドウの割り当てはステップ321で入力される。ここから、ウインドウ内の情報が更新されるか成いは機能

- 33 -

動作中にシステムによって実行されるタスクは以下の通りである。患者が配置された後、ディスプレイ108に見られるような物理的区域とイメージ区域との間の共通の点は統統的に配置される。物理的区域とイメージ区域との間の回転マトリックスは算出される。ポインタはそのとき手術区域内の対象となるいかなる位置へも動かされる。各角度エンコーダの値はコンピュータ104によって読みられ、手術用具38の端部箇所39の位置は物理的区域内で算定され、そして回転マトリックスによってイメージ区域内の相当する位置に置かれる。この点はすべてのラスターウインドウ上およびグラフィックウインドウ内で同時に示される。加えて、末端のジョイントの位置が算出され、グラフィックウインドウ上に示されて位置決めで外科医を助ける。最終的に、外科医は用具38の軌道のディスプレイに切り換えることができる。これは外科医が手術的成いはイメージの区域内の対象となる箇所への最適なパスを決定することを可能にする。

- 32 -

312のスクリーンのセットがステップ323から出される。

第14図は第2の機能であるアームの準備313を示すフローチャートである。ステップ325では、アーム情報スクリーンがディスプレイ108上にディスプレイされる。手術用具の長さおよびタイプや基準点の数等を含めたアームパラメータはステップ326で入力される。情報はステップ327で更新され、決定ステップ328では出口への決定が為される。もし出ないと決定されたならば、ソフトウェアループは更新情報ステップ327の入力に戻される。さもなければ、第2の機能313がステップ329で出される。

第3の機能である調整イメージディスプレイ機能314のためのフローチャートは第9図のフローチャートと同一である。

第15図のフローチャートは、第4の機能である調整イメージディスプレイ機能315を示す。第1のステップ330では、この機能に対するメニューと位置グラフィックモデルメニューがディスプレ

- 34 -

イされている。I/O 端子はステップ 831 で選択される。回転される軸の選択がそのとき為され、ステップ 832, 833, 834 では任意の X, Y, Z 軸で回転できる。回転の量はステップ 835 で入力され、そしてグラフィックモデルの位置付けはステップ 836 で更新される。ディスプレイ 108 内のメニューのディスプレイから位置グラフィックモデル機能 814 はステップ 837 で出される。

第 18 図のフローチャートはアームの使用機能 816 を記載する。第 1 のステップはアームスクリーン情報 840 をディスプレイすることである。アームハードウェアはステップ 841 で初期設定される。エンコーダはステップ 842 でゼロにされる。エンコーダはそれらのゼロの位置に動かされる。これはステップ 843 での入力である。決定ステップ 844 では、すべてのエンコーダがゼロであるかどうかはステップ 842 にループし戻されるという消極的な結果によって決定される。もしすべてのエンコーダがゼロならばステップ 845 はエンコーダのキャリブレーションのために実行される。物理

- 35 -

トルがグラフィックモデル上に引かれる。グラフィックモデル上の軌道ベクトルが引かれると、そのとき機能 816 を出るかどうかが再度決定される。もし出るように決定されるならば、出口ステップ 858 がそのとき履行される。もしうでなければ、プログラムループがステップ 849 に戻されて回転マトリックスを算出する。

第 5 図乃至第 18 図に記載された上述のフローチャートは、本発明で使用することができるソフトウェアの実施例を記載している。しかし、本発明のアーム 84 を使用するためのプログラムの他の実施例が企図される。さらに、本発明 84 は基準挿入管 10a 乃至 10c を使用するように記載されてきたが、アーム 84 はまた ence の内部箇所が提供されるいかななるシステムによっても使用されることができる。

4. 図面の簡単な説明

第 1a 図および第 1b 図は頭部に配置された基準挿入管を有する頭部の述べた見方の図、第 2 図は本発明の実施例による動作の構造図、第 3 図は

- 37 -

的区域内の、すなわち内部座標系内の、基準挿入管はステップ 846 で保全される。決定ステップ 847 では、すべての基準挿入管 10a 乃至 10c が配置されているかどうかを決定する。もし配置されていないならば、基準が用具 88 によって配置されそしてこの情報がステップ 848 で入力される。

すべての基準挿入管 10a 乃至 10c が見出だされるとき、回転のマトリックスがステップ 849 で算出される。用具 88 の端部チップ 89 の位置はステップ 850 で算出される。ステップ 849 に対する入力（回転マトリックスの算出）は、用具 88 が動かされるステップ 851 で提供される。端部チップ 89 の位置がステップ 850 で算出された後、用具 88 の位置はステップ 852 で最良のラスターイメージスライス上およびグラフィックモデル上にディスプレイされる。そのとき、決定ステップ 853 で軌道モードがオンになっているかどうかが決定される。もしオンでなければ、決定ステップ 854 で機能 816 を出るかどうかが決定される。もし軌道モードがオンであるならば、ステップ 855 で軌道ベク

- 36 -

トルがグラフィックモデル上に引かれる。グラフィックモデル上の軌道ベクトルが引かれると、そのとき機能 816 を出るかどうかが再度決定される。もし出るように決定されるならば、出口ステップ 858 がそのとき履行される。もしうでなければ、プログラムループがステップ 849 に戻されて回転マトリックスを算出する。

本発明の実施例によって構成された機械アームの図、第 4 図は第 3 図のアームによって使用される光エンコーダ用歯車係合の拡大図、第 5 図は本発明の実施例による対話的イメージガイドの手術システムのためのフローチャート、第 6 図は動作前ソフトウェアのフローチャート、第 7 図は動作前ソフトウェアの第 1 の機能のフローチャート、第 8 図は動作前ソフトウェアの第 2 の機能のフローチャート、第 9 図は動作前ソフトウェアの第 3 の機能のフローチャート、第 10 図は動作前ソフトウェアの第 4 および第 5 の機能のフローチャート、第 11 図は動作前ソフトウェアの第 6 の機能のフローチャート、第 12 図は動作中ソフトウェアの機能の選択を示すフローチャート、第 13 図は動作中ソフトウェアの第 1 の機能のフローチャート、第 14 図は動作中ソフトウェアの第 2 の機能のフローチャート、第 15 図は動作中ソフトウェアの第 4 の機能のフローチャート、第 16 図は動作中ソフトウェアの第 5 の機能のフローチャートである。

10a, 10b, 10c … 基準挿入管、84…アーム、88

- 38 -

…基板、38…用具、40A、40B…アームリンク、
42…ジョイント、44…用具ホルダ、46…光エンコ
ーダ、50…歯車、104…コンピュータ、108…ディ
スプレイ。

出願人代理人弁理士鈴江武彦

- 39 -

FIG. 1a

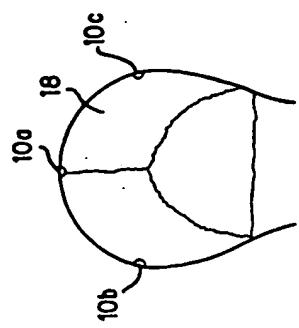


FIG. 1b

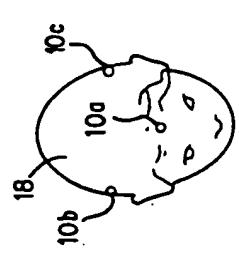


FIG. 3

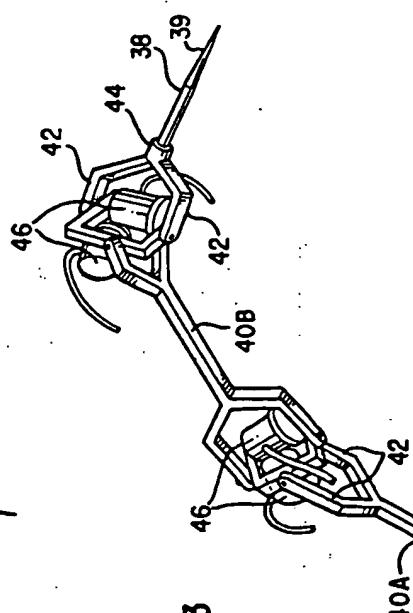
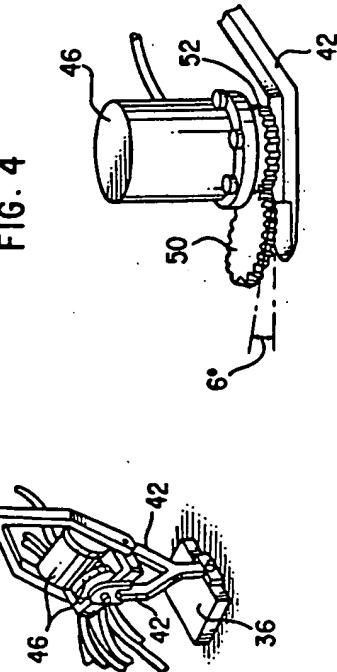


FIG. 4



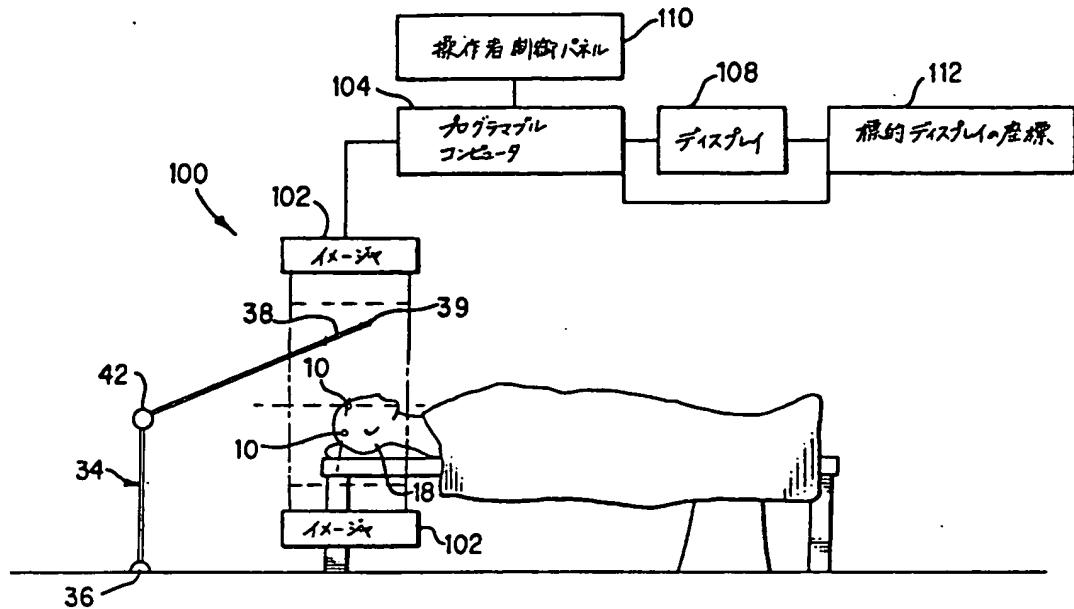


FIG. 2

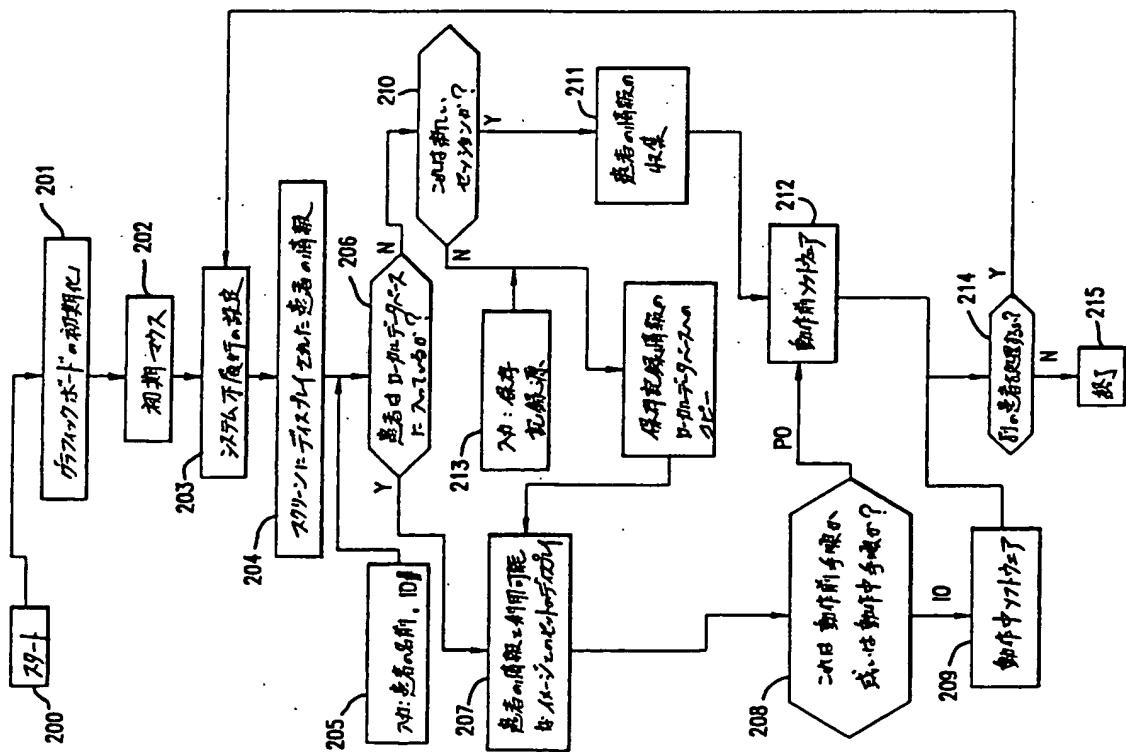


FIG. 5

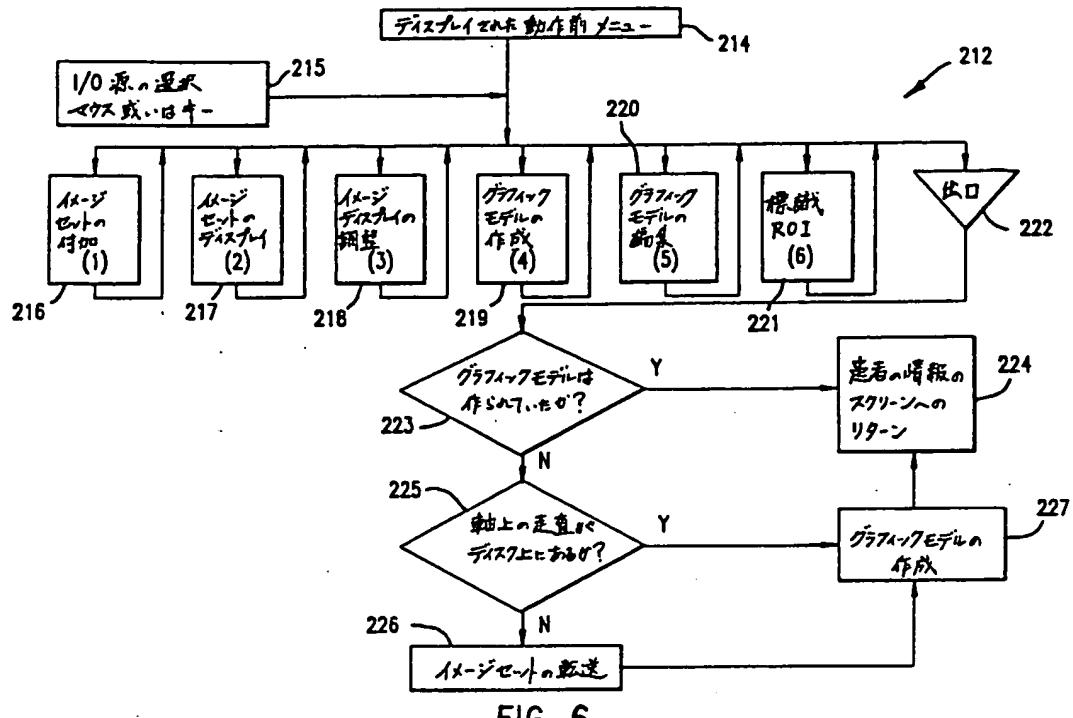


FIG. 6

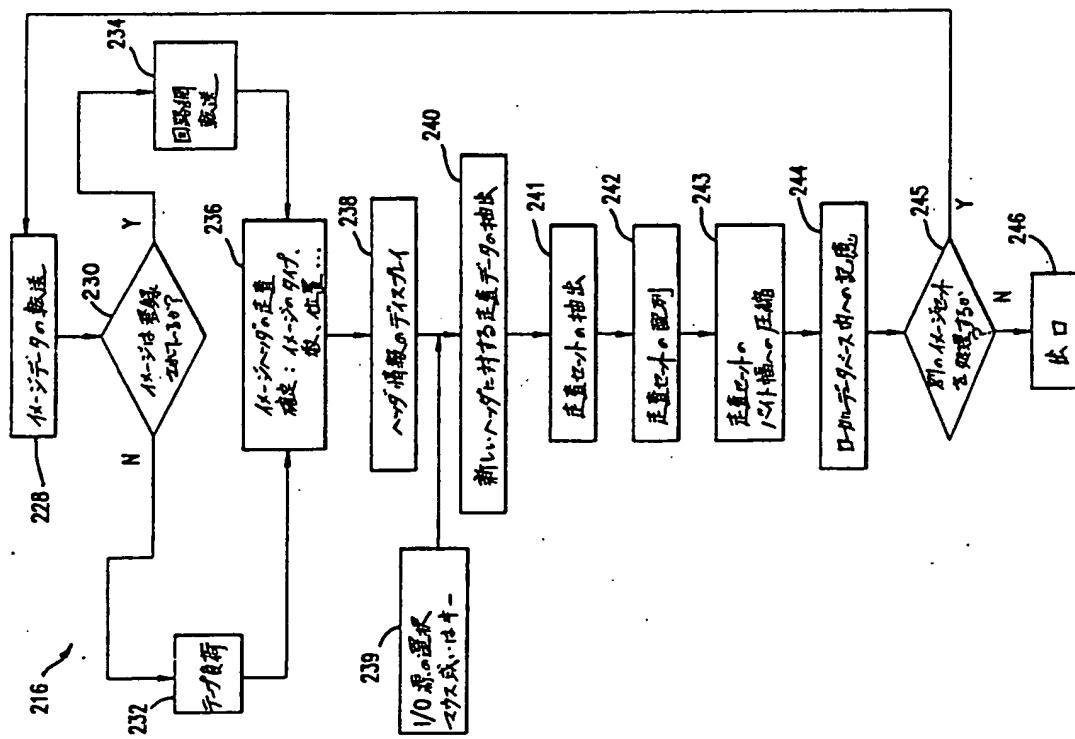


FIG. 7

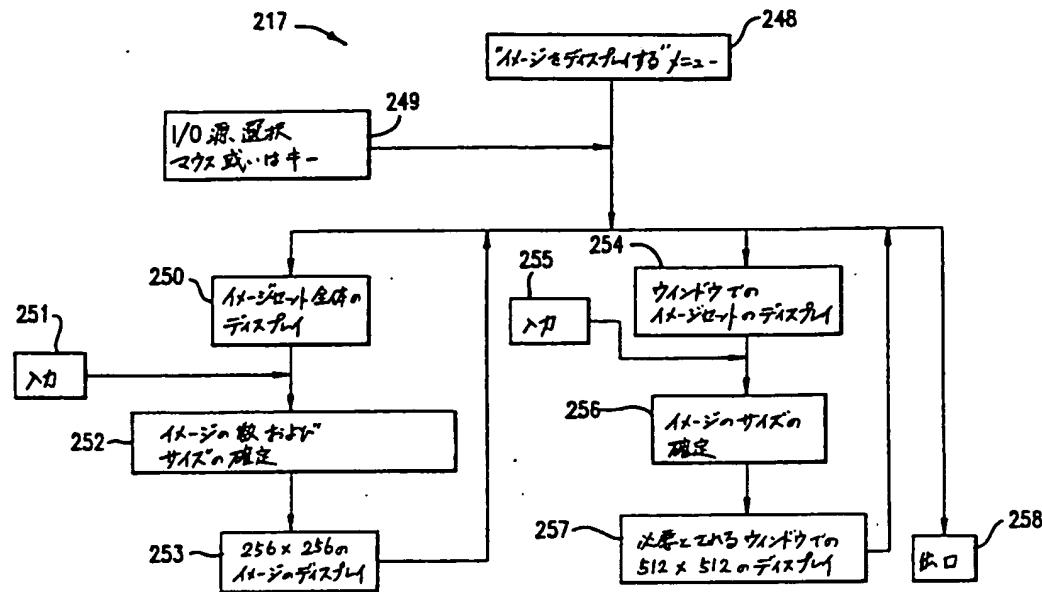


FIG. 8

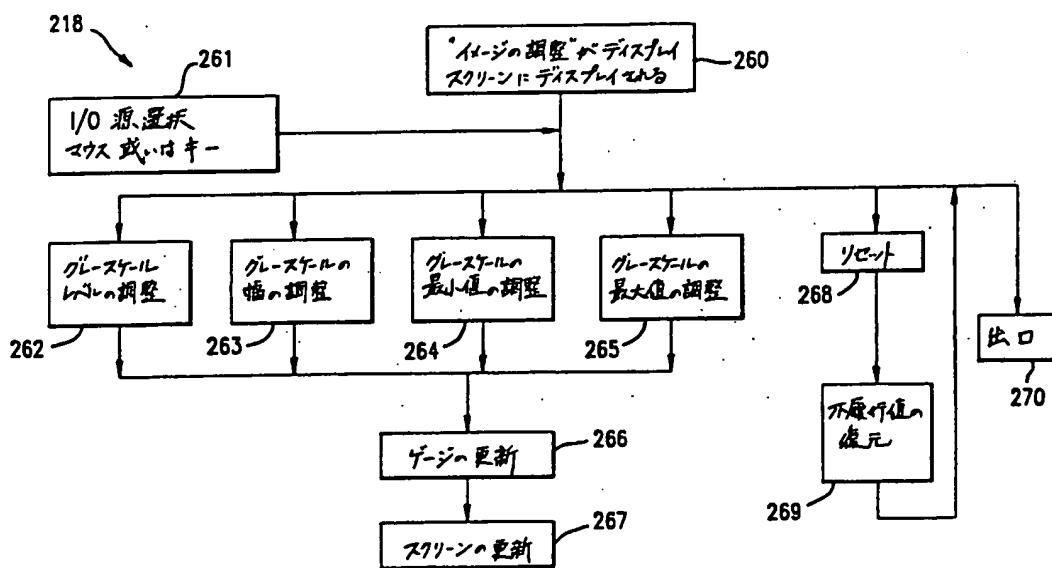


FIG. 9

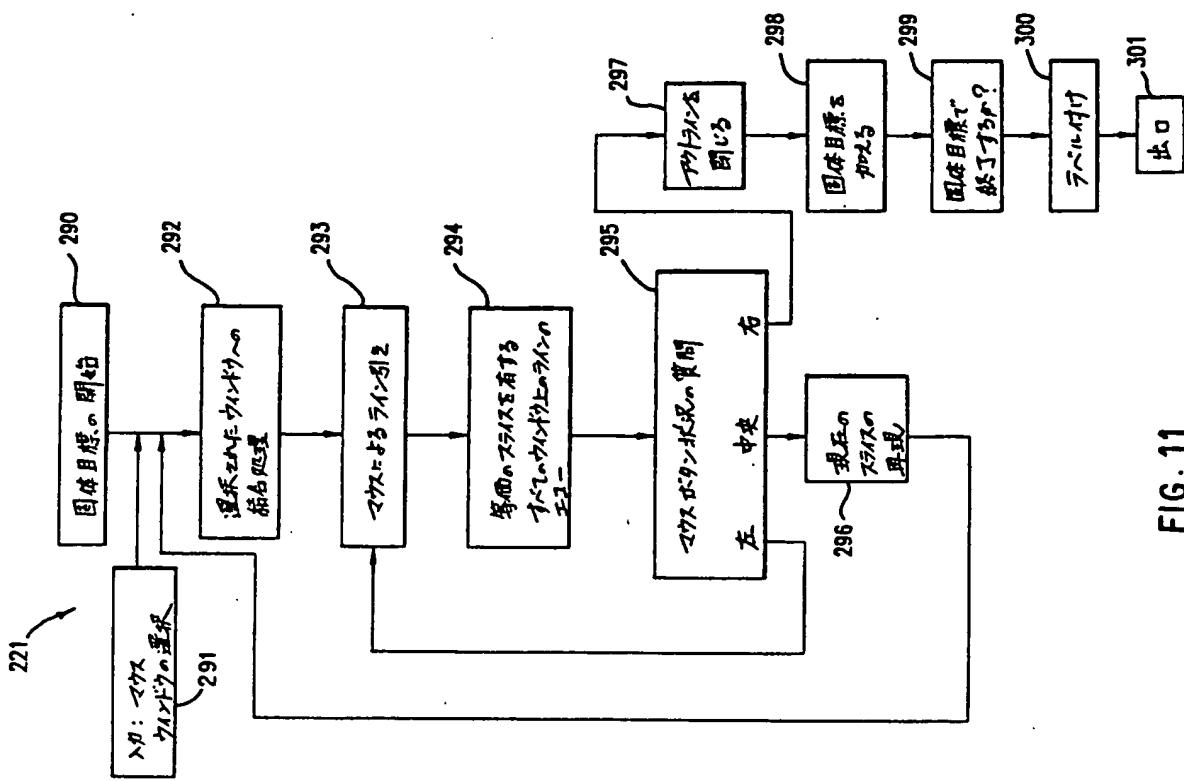


FIG. 11

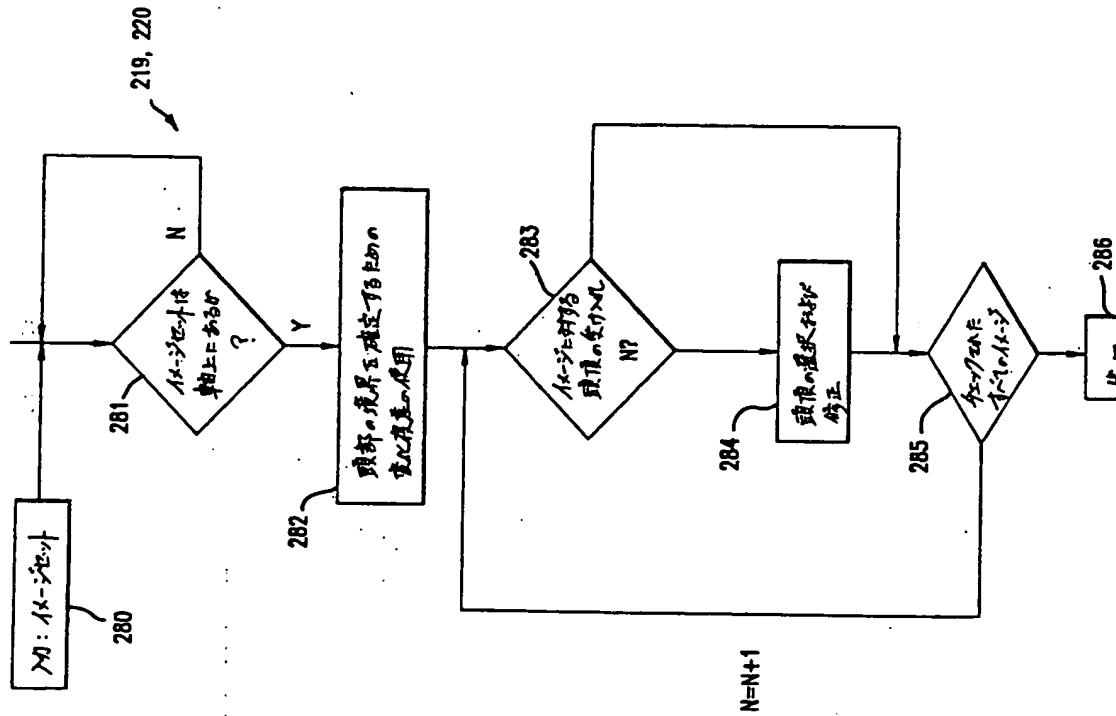


FIG. 10

FIG. 12

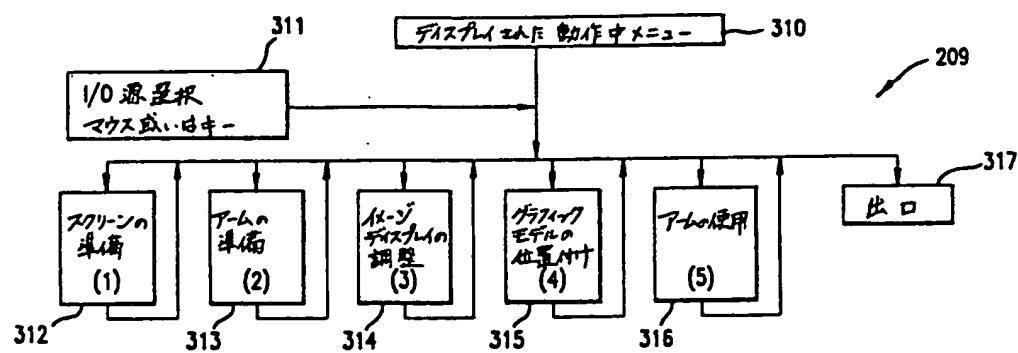


FIG. 13

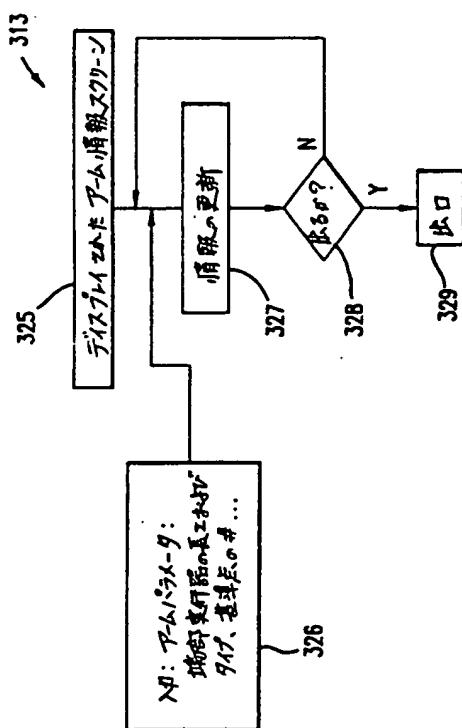
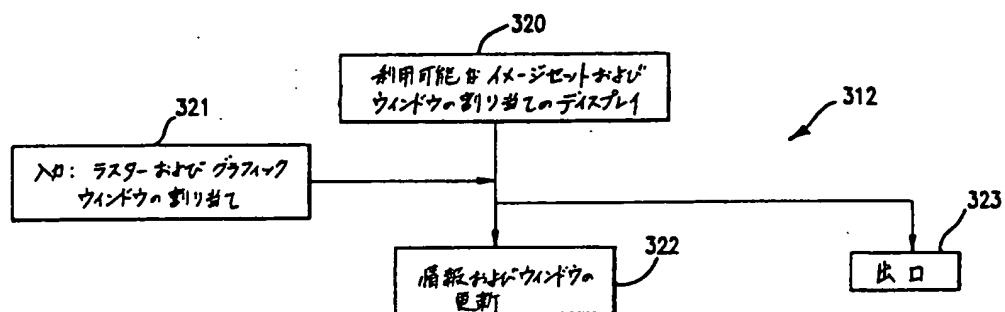


FIG. 14

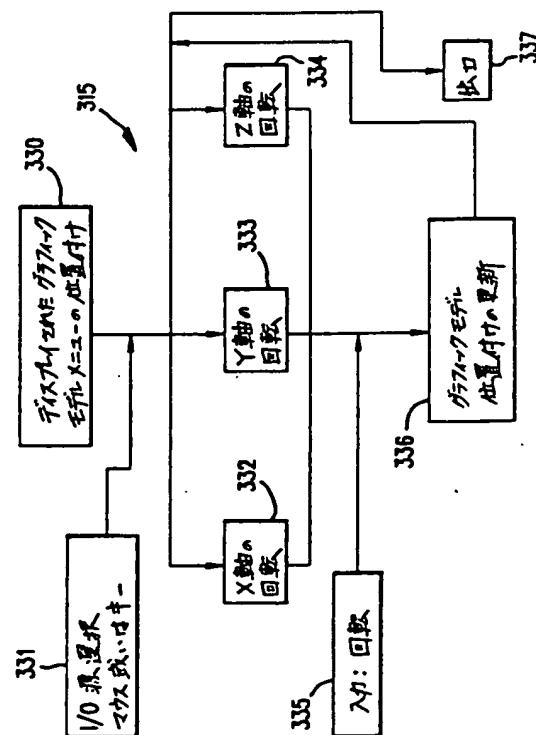


FIG. 15

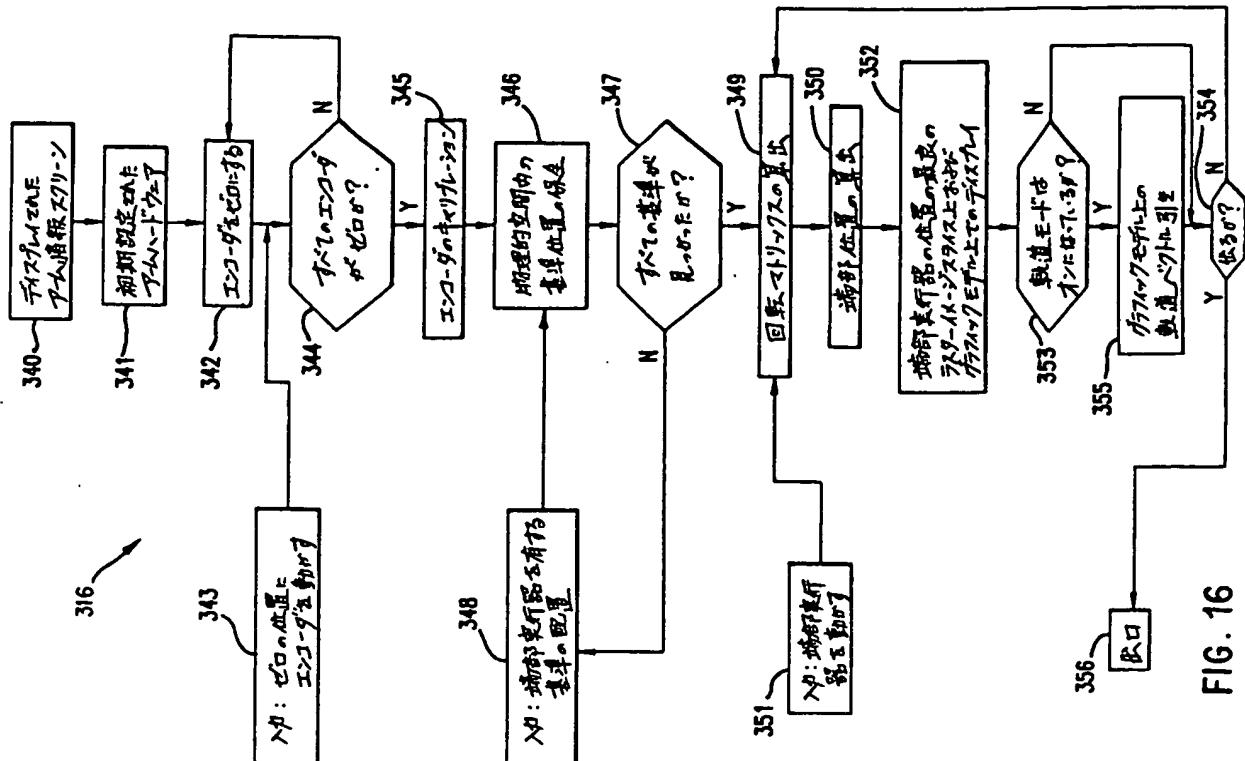


FIG. 16

第1頁の続き

⑦発明者 ロバート・エル・ギヤ
ロウエイ・ジュニア アメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナッシュビル、インディアン・スプリングス・ドライブ7736

⑦発明者 ロバート・ジェイ・マ
シウナス アメリカ合衆国、テネシー州 37215、ナッシュビル、チツカリング・ウツ・レーン 6320

⑦発明者 チャールス・エー・エ
ドワーズ・ザ・セコンド アメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナッシュビル、エリン・レーン 2316

⑦発明者 マーテイン・アール・ジンク アメリカ合衆国、テネシー州 37195、マディソン、バー・ウイック・トレイル 1044

⑦出願人 チャールス・エー・エ
ドワーズ・ザ・セコンド アメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナッシュビル、エリン・レーン 2316

⑦出願人 マーテイン・アール・ジンク アメリカ合衆国、テネシー州 37195、マディソン、バー・ウイック・トレイル 1044